

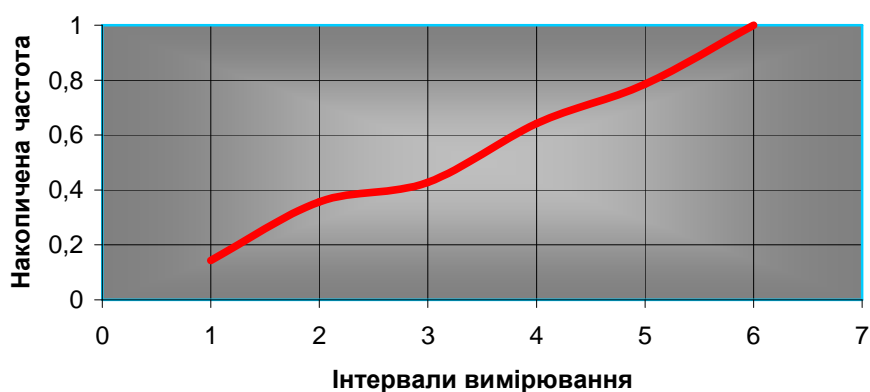
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**Г.І. Благодарна,
М.В. Солодовник,
О.В. Булгакова**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З КУРСУ
**«МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ
НАДІЙНОСТІ ВОДОПРОВІДНО - КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ»**

(для студентів 2 курсів денної і 3 курсів заочної форм навчання, напрямів підготовки
6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)», 0926 – «Водні ресурси»
спеціальності 6.092600 – «Водопостачання і водовідведення»)

Гістограма інтегрального розподілу



ХАРКІВ - ХНАМГ - 2008

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Математичні методи розв'язування задач надійності водопровідно-каналізаційних систем" (для студентів 2 курсів денної і 3 курсів заочної форм навчання, напрямів підготовки 6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)», 0926 – «Водні ресурси» спеціальності 6.092600 – «Водопостачання і водовідведення») - Укл.: Г.І. Благодарна, М.В. Солодовник, О.В. Булгакова. - Харків: ХНАМГ, 2008. - 28 с.

Укладачі: Г.І. Благодарна,
М.В. Солодовник,
О.В. Булгакова.

Рецензент: С.С. Душкін

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол №1 від 02.09.2008 р.

Цільове призначення лабораторних робіт - це закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на лекціях і в процесі самостійної роботи; придбання практичних навичок при виконанні розрахунків з реальними даними. Одержання досвіду при роботі із графічними й експериментальними даними.

Тривалість лабораторних робіт залежить від обсягу практично розв'язуваних завдань. Програмою передбачено виконання наступних лабораторних робіт:

- | | |
|--|-----------------|
| 1.Вступне заняття, інструктаж з техніки безпеки. | |
| 2.Визначення показників дефектності проведення трубопровідних робіт. | 3 години |
| 3.Проведення експертних оцінок при розрахунках потоків відмов трубопроводів. | 4 години |
| 4.Спостереження за об'єктами техніки для визначення їх працездатності. | 6 годин |
| 5.Визначення показників відновлюваних елементів. | 3 години |
| УСЬОГО (для денної форми навчання) | 16 годин |

Для заочної форми навчання виконується лабораторна робота № 3

УСЬОГО	4 години
---------------	-----------------

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ЖУРНАЛІВ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Виклад змісту й результатів виконаної лабораторної роботи повинен поділятися на розділи й пункти. Розділи необхідно пронумерувати арабськими цифрами в межах всієї роботи.

Висновок повинен містити оцінку результатів лабораторної роботи.

Всі рисунки нумеруються послідовно в межах лабораторної роботи арабськими цифрами. Номер рисунку повинен складатися з номера лабораторної роботи й порядкового номера рисунку, наприклад: рис. 1.2.

Рисунки повинні з'являтися в тексті відразу після посилання на них. Рисунок необхідно розташовувати таким чином, щоб його можна було розглядати без повороту роботи. Якщо це неможливо, рисунок розташовують так, щоб для його вивчення роботу треба було повернути за годинниковою стрілкою. Кожний рисунок повинен супроводжуватися змістовним підписом.

Цифровий матеріал, що поміщається в роботу, рекомендується оформляти у вигляді таблиць.

Кожна таблиця повинна мати змістовний заголовок. Заголовок поміщають під словом «Таблиця». Слово «Таблиця» і заголовок починають із прописної літери. Підкреслювати заголовок не треба.

Ділити заголовки таблиці по діагоналі не допускається. Графу «№ п/п» у таблицю включати не слід.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДЕФЕКТНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ТРУБОПРОВІДНИХ РОБІТ

Узагальненим показником якості трубопроводних робіт може слугувати коефіцієнт дефектності (K_d) прокладки трубопроводів, що являє собою відсоток відхилення від нормативних вимог при прокладці зовнішніх інженерних комунікацій. Тому теоретично він може вимірятися або у відсотках (від 0 до 100%) або частках одиниці відносної розмірності ($0 \leq K_d \leq 1$). Як правило, величина K_d прокладки інженерних комунікацій при забудові житлових мікрорайонів змінюється від 4 % до 55%. Існує пряма залежність коефіцієнта K_d від інтенсивності проведення робіт із прокладки трубопроводів зовнішніх інженерних мереж. Від його величини залежать розміри вартісних витрат на усунення виявлених дефектів, а також величини відповідних трудовитрат.

Мета роботи:

Визначення відсотка трудовитрат Π_t , які витрачаються на усунення дефектів трубопроводів, що прокладаються, і зіставлення його із припустимим показником дефектності трубопроводних робіт. Виявлення основних факторів, що впливають на величину показника Π_t .

Матеріальне забезпечення лабораторної роботи:

1. Експериментальні дані:

- Середні відсотки трудовитрат, що витрачаються на усунення дефектів трубопроводів (від загальної кількості трудовитрат на прокладку трубопроводів);
- Коефіцієнти збільшення трудовитрат на усунення дефектів трубопроводів;
- Трудовитрати T на прокладку 1 км трубопроводів у сухих ґрунтах.

Коефіцієнт дефектності (K_d) прокладки трубопроводів являє собою відсоток відхилення від нормативних вимог при прокладці зовнішніх інженерних комунікацій і може вимірятися або у відсотках (від 0 до 100%) або частках одиниці відносної розмірності ($0 \leq K_d \leq 1$). Величина K_d прокладки інженерних комунікацій при забудові житлових мікрорайонів змінюється від 4 % до 55%. Величина P_T залежить від виду трубопроводу (каналізація або водопровід), умов прокладки трубопроводу (гідрогеологічні умови, сезону), типу матеріалу і якості труб, а також рівня професіоналізму й технологічної дисципліни будівельно-монтажних бригад, ступінь технічної оснащеності.

У таблиці 1.1 представлені значення середніх відсотків трудовитрат (P_{TC}), що витрачаються на усунення дефектів при прокладці різних типів трубопроводів, отриманих на основі експертної оцінки. Значення (P_{TC}) визначалися для трубопроводів, що прокладаються в літню пору в сухих ґрунтах на глибині до 2-х метрів.

Таблиця 1.1 - Середні відсотки трудовитрат, на усунення дефектів трубопроводів.

Матеріал труб і вид трубопроводів		Значення P_{TC} (%) по діаметрах (мм) трубопроводів,										
		100	200	300	400	500	600	700	800	1000	1200	1500
Чавунні	В	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	-	-
	К	5,7	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,5
Азбесто-цементні	В	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5		-	-	-	-
	К	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	-	-	-	-	-
Залізобетонні	В	-	-	6,3	6,4	6,5	6,6		6,7	6,8	6,9	6,9
	К	-	-	6,1	6,2	6,3	6,4		6,5	6,6	6,7	6,7
Керамічні	К	-	6,2	6,3	6,4	6,5	6,5	-	-	-	-	-

Таблиця 1.2 - Коефіцієнти збільшення трудовитрат на усунення дефектів трубопроводів.

Фактори, що впливають на якість (дефектність трубопровідних робіт)	Коефіцієнти збільшення трудовитрат на усунення дефектів трубопроводів	
	позначення	величини
1. Глибина закладення трубопроводу:		
до 2м	K_{Γ}	1,0
до 4м	K_{Γ}	1,1
до 6м	K_{Γ}	1,2
2. Зволожені (вологонасичені ґрунти) по трасі трубопроводу.	$K_{\text{в}}$	1,1
3. Необхідність кріплення стінок траншей	$K_{\text{к}}$	1,05
4. Прокладка трубопроводів у зимовий час	$K_{\text{з}}$	1,1
5. Некомплектність бригади	$K_{\text{н}}$	1,1
6. Кваліфікаційні розряди нижче ніж за ЕниР.	$K_{\text{р}}$	1,1
7. Некомплектність оснащення бригади технологічним оснащенням і інструментом.	До	1,05
8. Технологічно необґрунтоване скорочення строків виконання трубопровідних робіт.	$K_{\text{п}}$	1,1

Наведений у даній таблиці коефіцієнт $K_{\text{п}}$ визначає вплив на дефектність трубопровідних робіт фактора технологічно не обґрунтованого збільшення інтенсивності їхнього виконання. Цей коефіцієнт необхідно використовувати, якщо передбачається (або закладається в календарних графіках) скорочення термінів виконання трубопровідних робіт більш ніж на 10 %, у порівнянні з термінами, передбаченими в технологічних картах. Величина $P_{\text{т}}$ повинна становити від 5,75% до 13,02%.

Слід відзначити, що близько 20% всіх дефектів трубопроводів припадає на заводські дефекти, 80% на будівельні.

Заводські дефекти проявляються на трубах (не виявлені контролером свищі, тріщини). Будівельні дефекти є переважно дефектами стикових з'єднань. З урахуванням цього можна визначити трудовитрати на усунення дефектів на трубах і в стиках трубопроводу, що проектується (розраховуючи на 1 км його довжини). Для цього знадобляться експериментальні дані, зведені в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Трудовитрати (Т) на прокладку 1 км трубопроводів у сухих ґрунтах

Діаметри трубопроводів, Д _у , мм	Типи трубопроводів							
	чавунні				залізобетонні			
	напірні		безнапірні		напірні		безнапірні	
	Т, люд.дн	Т _{ст} /Т	Т, люд.дн	Т _{ст} /Т	Т, люд.дн	Т _{ст} /Т	Т, люд.дн	Т _{ст} /Т
100	322	0,80	-	-	-	-	-	-
200	468	0,63	587	0,65	-	-	-	-
30	604	0,54	634	0,61	-	-	670	0,58
400	610	0,49	668	0,54	-	-	685	0,53
500	807	0,44	814	0,49	1265	0,45	948	0,47
600	908	0,40	1018	0,45	1378	0,41	1174	0,43
700	1007	0,37	1208	0,41	1466	0,37	1308	0,39
800	1143	0,36	1259	0,39	1620	0,35	1375	0,37
1000	1380	0,35	1558	0,37	1848	0,33	1630	0,35
1200	1720	0,33	-	-	2070	0,31	1754	0,33
1500	-	-	-	-	2480	0,30	2119	0,31

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Для виконання даної роботи група студентів ділиться на 7 підгруп, кожна з яких отримує своє, відмінне від іншої підгрупи завдання.

За допомогою даних таблиці 1.1, 1.2, 1.3, студентам необхідно визначити значення розрахункової величини P_T для:

I варіант - чавунних каналізаційних труб $d = 600, 800$ мм; при наявності всіх факторів, що впливають на дефектність проведених робіт.

II варіант – азбестоцементних водопровідних труб $d = 500, 1000$ мм; при наявності 1,3,8 факторів, що впливають на дефектність проведених робіт.

III варіант – залізобетонних каналізаційних труб $d = 1200, 1000$ мм; при наявності 1,8 факторів, що впливають на дефектність проведених робіт.

IV варіант – керамічних каналізаційних труб $d = 1200, 1500$ мм; при наявності всіх факторів, що впливають на дефектність проведених робіт.

V варіант - чавунних водопровідних труб $d = 100, 300$ мм; при наявності 6,8 факторів, що впливають на дефектність проведених робіт.

VI варіант - азбестоцементних каналізаційних труб $d = 700, 500$ мм; при наявності 3,8 факторів, що впливають на дефектність проведених робіт.

VII варіант - залізобетонних водопровідних труб $d = 900, 500$ мм; при наявності всіх факторів, що впливають на дефектність проведених робіт.

Для всіх варіантів глибина закладення труби до 2-х метрів.

Також необхідно врахувати, що планується скорочення строків виконання трубопроводних робіт на 11%.

При визначенні величини Π_T використовують наступну формулу:

$$\Pi_T = \Pi_{TC} \cdot K_G \cdot K_B \cdot K_K \cdot K_3 \cdot K_H \cdot K_P \cdot K_O \cdot K_n \quad (1.1)$$

де Π_{TC} – середній відсоток трудовитрат на усунення дефектів трубопроводу;

$K_{Г,В,К,.....}$ - коефіцієнти збільшення трудовитрат на усунення дефектів трубопроводів (наведені в таблиці 1.2).

Отримані в такий спосіб величини повинні перебувати в межах від 5,7% до 13,02%, не залежно від діаметра й матеріалу трубопроводу, а також наявності або відсутності факторів, що впливають на якість трубопроводних робіт.

Виходячи з отриманих даних необхідно визначити трудовитрати на усунення дефектів на 1 км труб (певного трубопроводу, для кожної підгрупи індивідуально). Отже для одержання трудовитрат:

$$T_d = T \cdot \Pi_T \quad (1.2)$$

де T_d - трудовитрати на усунення дефектів на 1 км трубопроводу, люд. днів,

T - трудовитрати на прокладку 1 км трубопроводу, люд. днів.

Також необхідно визначити скільки необхідно люд. днів на один стик, за умови, що це визначається шляхом поділу T_d на діаметр трубопроводу.

Всі отримані дані занести в таблицю:

Діаметр, мм	Π_T	T_d	Кількість чел. днів

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ПРИ РОЗРАХУНКАХ ПОТОКІВ ВІДМОВ ТРУБОПРОВОДІВ

Мета роботи:

Визначення інтенсивності потоків відмов трубопроводів від впливу зовнішніх природних факторів, шляхом експертних оцінок на основі експериментальних і розрахункових даних.

Матеріальне забезпечення лабораторної роботи:

1. Розрахункові дані:

загальний перелік динамічних природних процесів і ймовірності руйнуючих впливів на підземні трубопроводи (табл. 2.1);

2. Карти сейсмологічної активності України (імовірність землетрусу 1 раз на 500 років, 1 раз на 5000 років-рис.2.1 та 2.2 відповідно).

Таблиця 2.1 – Загальний перелік динамічних природних процесів і ймовірності їх руйнуючих впливів на підземні трубопроводи.

Динамічні процеси, що впливають на трубопроводи	Можливі діапазони частот (ν_i) динамічних процесів, 1/рік	Ймовірності (P_{Ts}) появи руйнувань на трубопроводах після динамічних процесів.
Землетрус 5-8 балів	$\nu_1 = 1 \dots 0 \dots 0,0001$	$P_1 = 0,1 \dots 0 \dots 0,6$
Землетрус 8-10 балів	$\nu_2 = 0,1 \dots 0 \dots 0,0000001$	$P_1 = 0,5 \dots 1 \dots 1,0$
Невраховані осідання ґрунту до 20 см.	$\nu_3 = 10 \dots 0 \dots 0,01$	$P_1 = 0,0 \dots 0 \dots 0,2$
Невраховані осідання ґрунту понад 20см.	$\nu_4 = 1 \dots 0 \dots 0,001$	$P_1 = 0,01 \dots 0 \dots 0,4$
Зрушення поверхні ґрунту на територіях, що підпрацьовуються	$\nu_5 = 1 \dots 0 \dots 0,01$	$P_1 = 0,0 \dots 1 \dots 1,0$
Деформації масивів ґрунту на територіях, що підпрацьовуються	$\nu_6 = 1 \dots 0 \dots 0,01$	$P_1 = 0,0 \dots 1 \dots 1,0$
Осідання земної поверхні на карстових територіях	$\nu_7 = 1 \dots 0 \dots 0,01$	$P_1 = 0,1 \dots 1 \dots 1,0$
Утворення провалів на карстових територіях	$\nu_8 = 1 \dots 0 \dots 0,001$	$P_1 = 0,0 \dots 0 \dots 0,5$
Наповзання ґрунту на трасу трубопроводу	$\nu_9 = 1 \dots 0 \dots 0,01$	$P_1 = 0,0 \dots 0 \dots 0,5$
Зрушення ґрунту при зсувах	$\nu_{10} = 10 \dots 0 \dots 0,001$	$P_1 = 0,0 \dots 0 \dots 0,9$
Зміна зовнішнього навантаження на трубопровід при повенях	$\nu_{11} = 10 \dots 0 \dots 0,01$	$P_1 = 0,0 \dots 0 \dots 0,7$
Розмив засипання трубопроводу	$\nu_{12} = 1 \dots 0 \dots 0,01$	$P_1 = 0,0 \dots 0 \dots 0,9$

Рис. 2.1-Карта сейсмологiчної активностi України протягом 50 рокiв, з перiодом повторюваностi струсiв 1 раз на 500 рокiв.

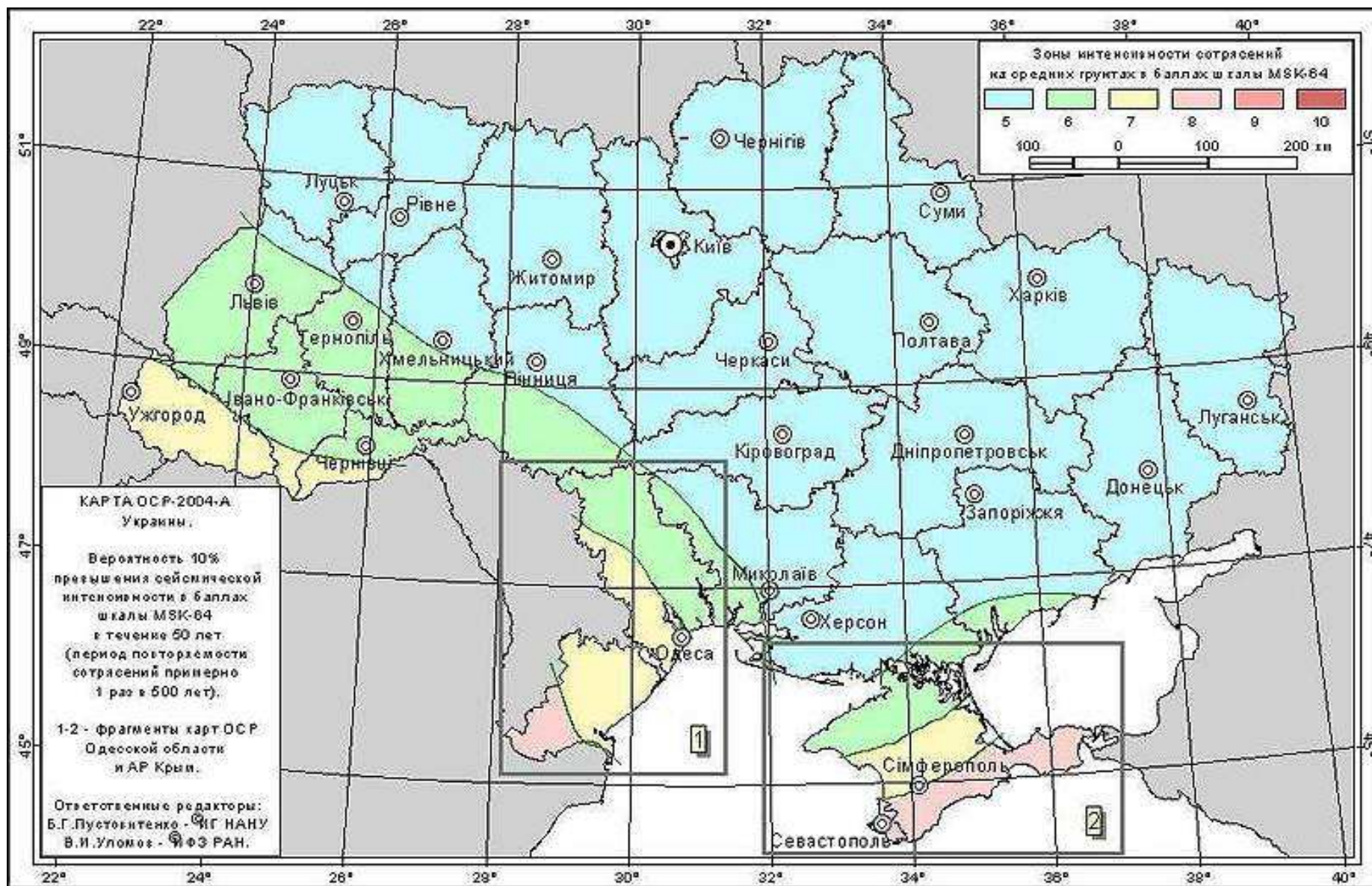
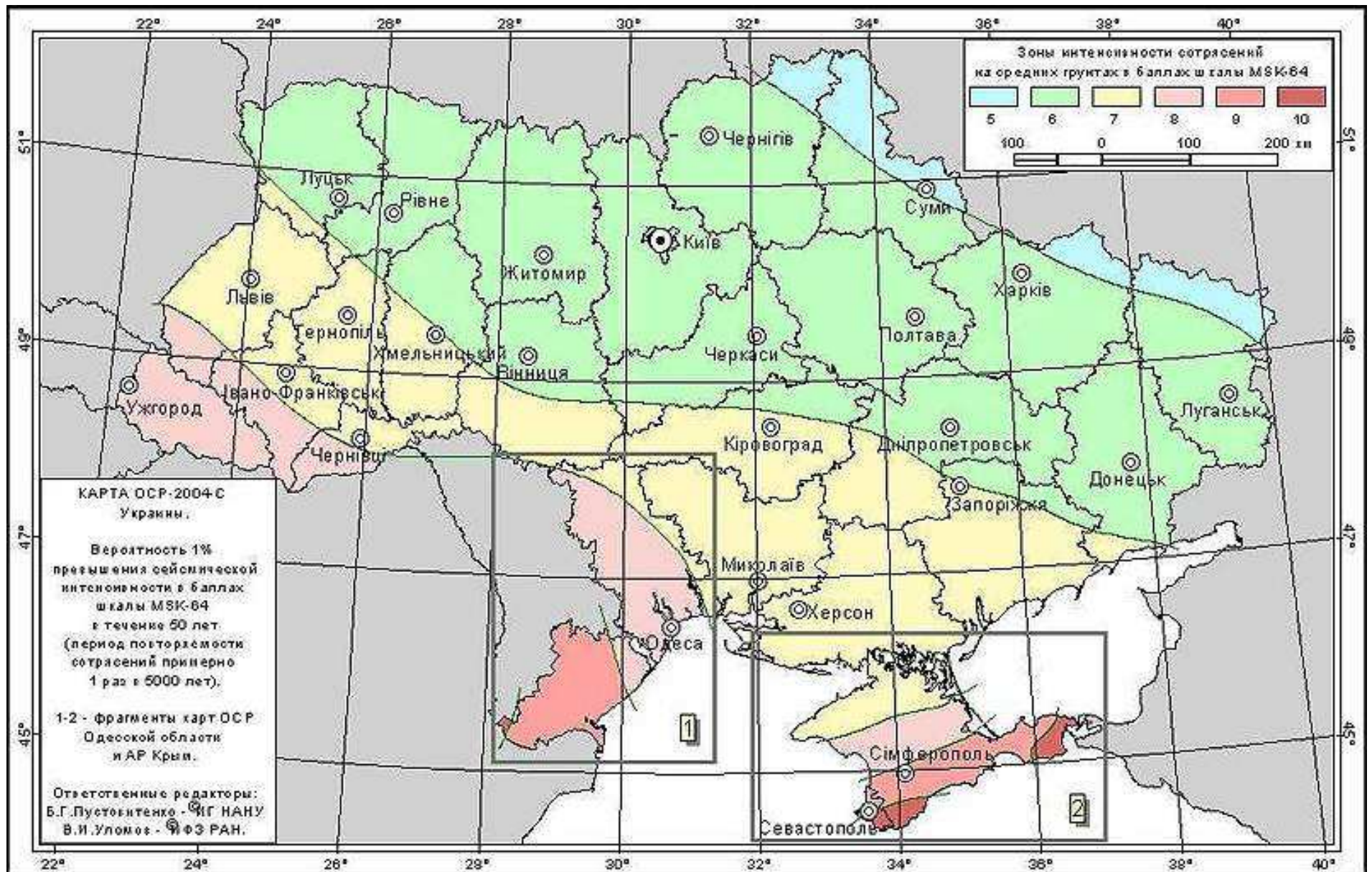


Рис.2.2-Карта сейсмологічної активності України протягом 50 років, з періодом повторюваності струсів 1 раз на 5000 років.



ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Для визначення потоків відмов трубопроводів від дії зовнішніх природних факторів необхідно одержати конкретні значення можливих діапазонів частот динамічних процесів, 1/рік, а також імовірність появи руйнування трубопроводу після динамічних процесів. Ті ж самі дані будуть потрібні й для визначення потоків відмов трубопроводів від дії зовнішніх динамічних процесів техногенного походження. Вирішення поставленого завдання можливо тільки на основі експертних оцінок даних величин. Кожний фахівець (студент) дає свою незалежну оцінку фактору, що оцінюється і приймається як розрахункова величина, далі визначається середній бал, який і є рішенням завдання. Звісно даний метод не є досить точним тому що в ньому не враховані компетентність експертів (студентів), варіації оцінок.

Дана методика передбачає підбір експертів з розподілом їх по групах спеціалізації й одержання експертних оцінок у табличній формі за розглянутими показниками.

При підборі експертів необхідно визначити достатню кількість груп фахівців різної орієнтації, що становить не менш 9, але, з огляду на те, що робота є навчальною й серед студентів немає фахівців з деяких груп (геологи, гідрогеологи, сейсмологи), тому кількість експертних груп буде скорочено, а відсутні дані будуть отримані з довідкового матеріалу.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Група студентів ділиться на 5 експертних груп:

- Фахівці-екологи - **Е**;
- Фахівці- експлуатаційники - **Є** ;
- Проектувальники інженерних мереж – **П**;
- Фахівці – сейсмологи - **С** (повторюваність 1 раз в 500 років, досліджувані міста Ужгород, Севастополь.);
- Фахівці – сейсмологи – **С₁**(повторюваність 1 раз в 5000 років досліджувані міста Севастополь, Суми);

Для груп С і С₁ ймовірність появи руйнування трубопроводу коливається в межах від 0 до 1. При знаходженні ймовірності появи руйнування трубопроводу в тій або іншій області України необхідно проаналізувати карту сейсмологічної активності. Умовно приймаємо, що землетрус в 5-7 балів прирівнюється до ймовірності появи руйнувань трубопроводів після динамічного впливу в межах 0,1-0,6, у випадку 7-10 балів 0, 6-1,0 відповідно. Якщо виникає потреба значення інтерполують.

Кожна група заповнює анкетні матеріали за зразком (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Відносна вагомість різних числових значень показника.

№ Інтервалів значень показника	Інтервали числових значень показника	Оцінка в балах вагомості інтервалів значень показника	Індекс групи фахівця
1	2	3	4

Для одержання оцінок експерта в назві таблиці вказується найменування й позначення оцінюваного показника. Виходячи з того що група студентів розбита на 5 експертних комісій для визначення виберемо наступні показники:

Для групи Е – Зміну зовнішнього навантаження на трубопровід при повеннях (v_{12});

Для групи Є - Розмив засипання трубопроводу (v_{12});

Для групи II – Зрушення ґрунту при зсувах (v_{10});

Для групи С - Землетрус ($v_{1,2}$);

У графі 1 таблиці проставляються номери інтервалів числових значень показника (для кожної підгрупи свій), у графі 2 приводяться самі числові значення цих інтервалів. В 3 графі необхідно дати свою оцінку за десятибальною системою вагомості інтервалу значень показника. В 4 графі необхідно поставити індекс своєї підгрупи (літеру).

Виходячи із загальної кількості студентів у групі 25 чоловік, кожна підгрупа буде складатися з 6 студентів. Тобто кожна експертна група отримає 6 варіантів анкет, які потім необхідно буде обробити й вивести середній показник по підгрупі.

Приклад заповнення таблиці наведений у таблиці 2.3

Таблиця 2.3– Відносна вагомість різних числових значень частоти природних динамічних впливів на трубопровід від зрушень ґрунту на території, де зафіксовані зсуви.

№ Інтервалів значень показника v_{10}	Інтервали числових значень показника v_{10}	Оцінка в балах вагомості інтервалів значень показника v_{10}	Індекс групи фахівця експерта
1	0, 001-0,1	5	П
2	0, 1-0,5	9	
3	0, 5-1,0	10	
4	1, 0-2,0	9	
5	2, 0-3,0	7	
6	3, 0-4,0	5	
7	4, 0-5,0	3	
8	5, 0-6,0	1	
9	6, 0-7,0	1	
10	7, 0-8,0	-	
11	8, 0-9,0	-	
12	9, 0-10,0	-	

Друга колонка заповнюється згідно даним можливих діапазонів частот динамічних процесів, наведених у таблиці 2.1. з третьої колонки стає очевидним, що в цьому випадку експерт визначив, що найбільш ймовірною частотою впливу на трубопровід зрушень ґрунту є частота від 0,5 до 1 впливів за рік. Інші частоти менш імовірні. Форма другої анкетної таблиці й приклад її заповнення наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Джерела аргументації, що послужили підставою для оцінки показника v_{10}

Джерела аргументації	Ступінь впливу джерела на думку експерта		
	Висока	Середня	Низька
Проведений теоретичний аналіз	-	-	-
Виробничий досвід	+	-	-
Узагальнення вітчизняних спостережень аварійних ситуацій на трубопроводах	-	+	-
Узагальнення закордонних спостережень аварійних ситуацій на трубопроводах	-	-	+
Знання умов по трасі проєктованого трубопроводу	+	-	-
Інтуїція	-	+	-

При заповненні даної таблиці експерт заповнює 3 останні колонки шляхом проставлення знаків «+» «-», залежно від того впливали дані джерела аргументації на його оцінку чи ні, і якщо впливали, то в якому ступені.

Форма третьої анкетної таблиці й приклад її заповнення наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Кількісна оцінка ступеня знайомства експерта із проблемою природних динамічних впливів на трубопроводи.

Форма знайомства експерта із проблемою	Оцінка
Участь у проектуванні трубопроводу для аналогічних умов	0,0
Участь у будівництві трубопроводу	0,0
Участь у розслідуванні аварій на трубопроводах	0,9
Участь у семінарах і конференціях із проблем трубопроводів.	0,2

У таблиці необхідно заповнити лише другий стовпчик. У якому необхідно поставити оцінку в частках одиниці (від 0 до 1,0), тим формам знайомства, які наведені в таблиці. У даному прикладі експерт зауважує, що найбільше активно брав участь у розслідуванні аварій на трубопроводах.

Після заповнення всіх трьох таблиць проводиться звірення результатів з виявленням найбільш достовірного. В ідеалі це здійснюється за допомогою ЕОМ. Але в цьому випадку можна обійтися простим звіренням даних і виявлення середнього.

Після того як всі дані будуть занесені в таблицю й оброблені кожній експертній групі необхідно буде привести перелік заходів щодо підвищення надійності експлуатації трубопроводів при мінімізації зовнішніх природних і техногенних навантажень за такими показниками як зменшення впливу сейсмологічних процесів, просадки ґрунтів, зсувів і повеней. Необхідно враховувати що, як правило ці заходи закладаються ще на проектному або, у крайньому випадку, будівельному етапі. Студентам також пропонується оцінити ефективність кожного, запропонованого ними варіанту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ОБ'ЄКТАМИ ТЕХНІКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Мета роботи:

Проведення спостережень за роботою завантаження побутового фільтра (надійності й безперебійності роботи) протягом установленого проміжку часу (як правило, гарантійного терміну) для виявлення ймовірності безвідмовної роботи елемента, за допомогою аналізу гістограми інтегрального й диференціального розподілу.

Матеріальне забезпечення роботи:

1. Картридж побутових фільтрів «Бар'єр», «Brita», «Brita Aluna», «Аквафор-глечик» на початку періоду експлуатації й при закінченні гарантійного терміну експлуатації.
2. Витратоміри;
3. Папір міліметровий формату А4;
4. Експериментальні дані терміну служби завантаження побутових фільтрів різних фірм виробників;

В якості завантаження застосовується адсорбент - активоване вугілля гранульоване і порошкоподібне (рис. 3.1 а і б відповідно).

а)



б)



Рис. 3.1 - Активоване вугілля

Таблиця 3.1 - Середній ресурс роботи фільтрів.

Назва	Клас	Ресурс, л
В 300	Насад.	1000
А-Глечик	Глечик	700
А-Модерн	Наст.	4000
У-150	Стац.	1500
А-Комфорт	Стац.	8000
А-Соло	Стац.	4000
А-Дует	Стац.	4000
А-Тріо	Стац.	5000
Колібрі	Насадка	1000
Аквафор В300	Насадка	1000

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Результати спостережень за об'єктами техніки представляють собою *випадкові величини*, оскільки залежать від випадкової комбінації різних факторів.

Випадкові величини можуть бути безперервними або дискретними. Випадкова величина позначається (X). Якщо проводити нескінченну кількість вимірів випадкової величини X, то безліч їхніх результатів представляє собою *генеральну сукупність*. На практиці ж кількість вимірів має кінцеве значення (n). Набір вимірюваних значень ($x_1; x_2; x_3; x_n$) називається **вибіркою обсягу (n)** з генеральної сукупності або просто вибіркою. Якщо для опису безлічі результатів вимірів використовується ряд загальних характеристик, що обчислюються на підставі генеральної сукупності, вони називаються параметрами, якщо на підставі даних виборки, то статистиками.

Однієї з таких статистик є середнє або середньоарифметичне значення вимірів – (\bar{x}) , якщо випадкова величина позначена через x і називається математичним очікуванням.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (3.1)$$

Також до числа характеристик відносять *інтервал значень, медіану, частоту події, імовірність події, дисперсію*.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Для проведення роботи необхідні дані терміну служби завантаження побутових фільтрів, які студенти одержать із технічних характеристик, наданих підприємством-виробником. Середній ресурс завантаження вичерпується через 2-3 місяці, і провести експеримент із 4 фільтрами в цих умовах нереально. Тому було вирішено умовно розбити лабораторну роботу на 2 частини.

Перша підготовча частина проводиться на початку семестру. Студенти встановлюють фільтри - насадки на водопровідні крани в кількості 2 штук

однакової продуктивності, завантажених активним вугіллям різних марок і різних фірм - виробників (рис.3.2.) ще два у вигляді фільтрів-гличиків установлюють на лабораторних столах, але безпосереднього зв'язка з водопроводом вони не мають (рис 3.3.) У своїх лабораторних журналах студенти відзначають число і час установки фільтрів, а також визначають середню витрату, за допомогою витратоміра. Протягом усього досліджуваного періоду витрата води через кожний фільтр практично однакова, що обумовлене регулярним і рівномірним використанням води для проведення лабораторних робіт.

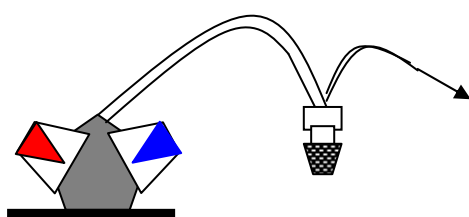


Рис. 3.2 - Фільтр-насадка

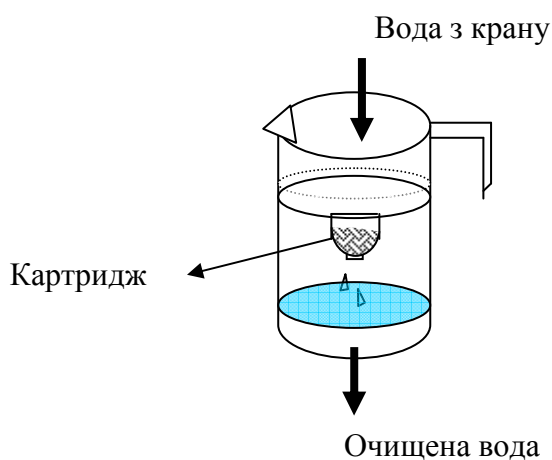


Рис. 3.3 Фільтр-гличик

У зв'язку з тим, що термін служби приблизно однаковий і становить 2-3 місяці (відповідно до технічних характеристик), то друга частина лабораторної роботи проводиться наприкінці семестру. Студенти при проведенні попередніх робіт звертають увагу на роботу випробовуваних фільтрів і записують у свій журнал дату зниження надійності фільтра нижче припустимих експлуатованих меж, тобто коли відбувається відмова, у результаті якого вода перестає проходити крізь завантаження. Коли ж всі 4 фільтри відмовлять можна приступати до другого етапу роботи. Студент заповнює таблицю за зразком, представленою в табл. 3.2, куди вносить всі дані терміну служби побутових фільтрів (у літрах), отриманих експериментальним шляхом (4 показники), а інші дані з таблиці 3.1. Результати заносяться в таблицю в упорядкованому вигляді від мінімуму до максимуму.

Таблиця 3.2 - Результат випробувань терміну служби завантаження побутових фільтрів.

n=14

1220	1250	1290	1350	1390	1430	1470
1230	1270	1320	1370	1420	1450	1490

Медіана

Згідно з отриманими даними знаходимо середньоарифметичне значення – математичне очікування \bar{x} , відповідно до формули (3.1), попередньо визначивши суму отриманих даних.

$$\text{тут } \bar{x}=1353,5$$

$$\Sigma=18950$$

Далі необхідно визначити максимальне й мінімальне значення терміну служби згідно даних таблиці:

Найбільше значення - 1490

Найменше значення - 1220

Різниця між максимальним і мінімальним значенням (270) - називається *інтервалом* або *варіацією*. Середнє значення цих двох величин зветься *серединою інтервалу* (1355). Інтервал є характеристикою розкиду значень випадкової величини x .

Число, що ділить ряд вимірів на 2 рівні частини, називається **медіаною**. У цьому випадку медіаною буде число 1360, бо воно є середнім між двома центральними 1350 і 1370. Якщо n число непарне, то центральне число і береться за медіану.

Існує певна частота появи події на всьому інтервалі виміру, що для зручності розбивають на ряд відрізків, які залежать від кількості вимірів n . Існують певні рекомендації для вибору інтервалів залежно від кількості числа вимірів.

Для простоти й зручності візьмемо $K=50$, а інтервал значень виберемо від 1200 до 1500. Потім підрахуємо кількість вимірів, що потрапили в кожний інтервал, ці величини називаються **частотою, що спостерігається**. Цю частоту перераховуємо у відносну $\frac{m_i}{n}$; Отримані дані зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 - Результат обробки вимірів терміну служби завантаження побутових фільтрів.

Інтервали	1200-1250	1250-1300	1300-1350	1350-1400	1400-1450	1450-1500
1. Частота, що спостерігається m_i	2	3	1	3	2	3
2. Відносна частота, m_i/n	0,143	0,214	0,071	0,214	0,143	0,214
3. Накопичена частота, $\sum m_i/n$	0,143	0,357	0,428	0,642	0,785	1,0

Необхідно зазначити, що спостережувана частота в першій графі повинна збігатися із загальною кількістю вимірів, а накопичена частота завжди буде прагнути до одиниці.

Далі на підставі цих даних будується графік зміни відносної частоти за інтервалами. Отримана діаграма називається **гістограмою диференціального розподілу** (рис. 3.1). Ордината на графіку називається відносною частотою. Якщо гістограма будується на основі генеральної сукупності, то відносна частота буде *ймовірністю потрапляння виміру всередину певного інтервалу*. Значення X , при якому $f(x)$ досягає максимального значення називається **модою розподілу**.

Зазвичай мода відповідає величині, що найчастіше зустрічається у вимірах. Якщо відносні частоти підсумувати від інтервалу до інтервалу, то одержуємо **накопичені частоти**. Ламана лінія, що відбиває зміни накопиченої частоти називається **гістограмою інтегрального розподілу** (рис.3.2.).

Далі згідно отриманим графічним даним (гістограма інтегрального розподілу) студентам необхідно визначити яка ймовірність, що термін служби не перевищить певного значення, яке задає викладач залежно від отриманих розрахункових і графічних даних. За допомогою гістограми диференціального розподілу студентам необхідно знайти моду розподілу.

Гістограми будуються або на міліметровому папері, або в програмі EXEL, де по осі абсцис відкладають прийняті інтервали виміру, а по осі ординат зміна відносної й накопиченої частоти (від 0, до 1,0).

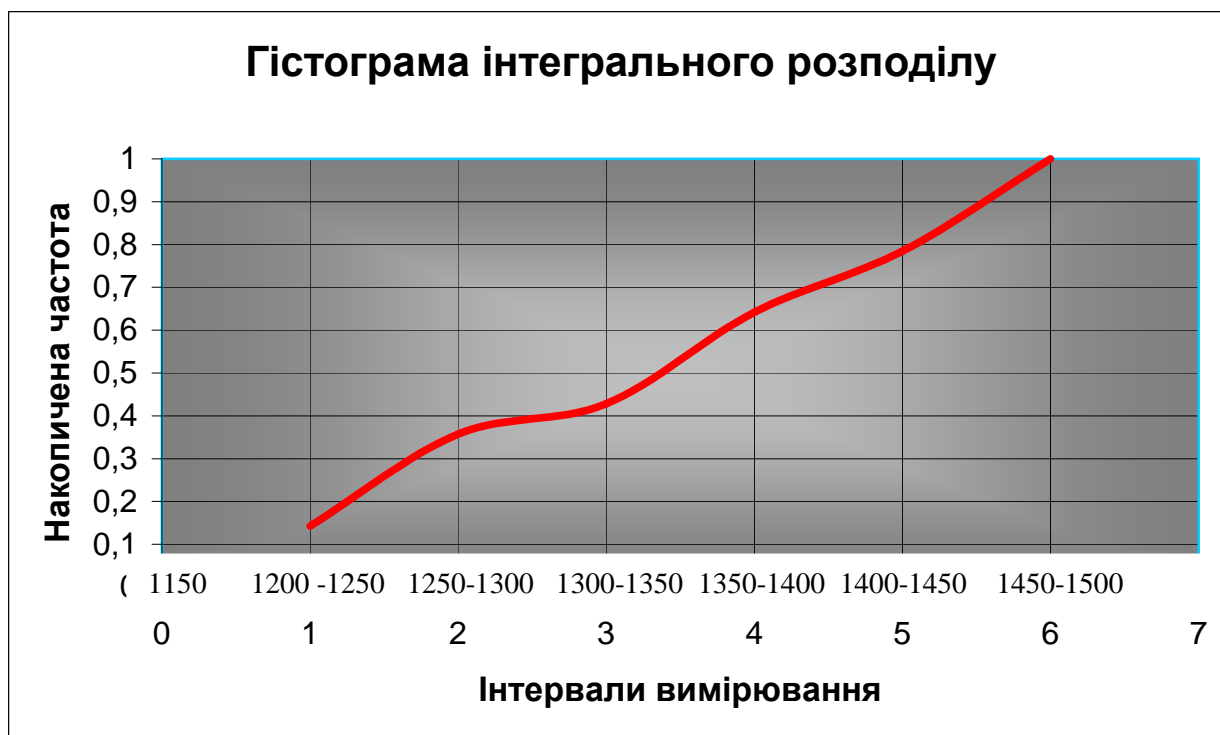


Рис.3.1- Гістограма інтегрального розподілу

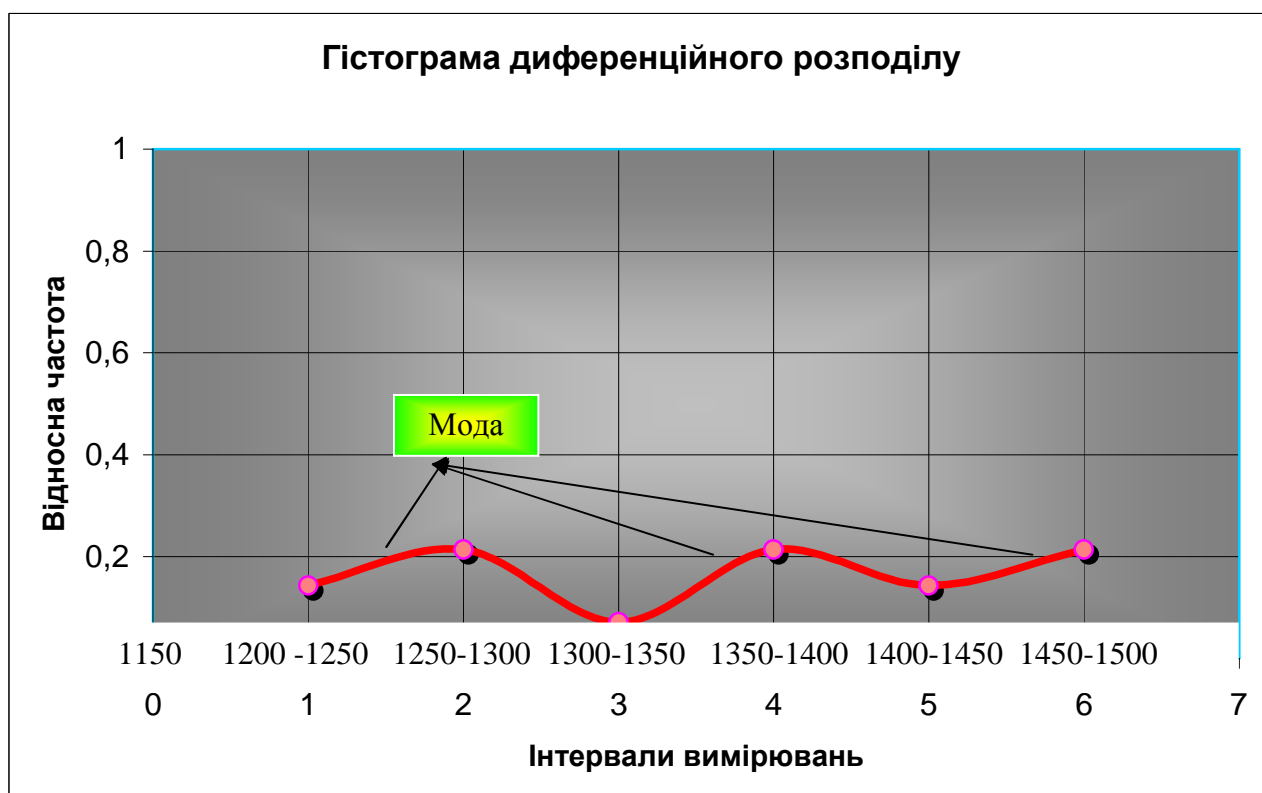


Рис.3.2- Гістограма диференційного розподілу

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ВІДНОВЛЮВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Мета роботи:

Визначення параметра потоку відмов і напрацювання на відмову сітки механічного фільтра з величиною прозорів 95 мкм і побудова характерної залежності інтенсивності зношування від часу експлуатації.

Матеріальне забезпечення лабораторної роботи:

1. Фільтр механічний з фільтруючим елементом у вигляді сітки з величиною прозорів 95 мкм (нова) - рис. 4.1;
2. Фільтр механічний з фільтруючим елементом у вигляді сітки з величиною прозорів 95 мкм зі значними дефектами;
3. Фільтр механічний з фільтруючим елементом у вигляді сітки з величиною прозорів 95 мкм, строк експлуатації якої відомий і підходить до завершення.
3. Папір міліметровий формату А4;
4. Програмне забезпечення Microsoft Word (EXEL).

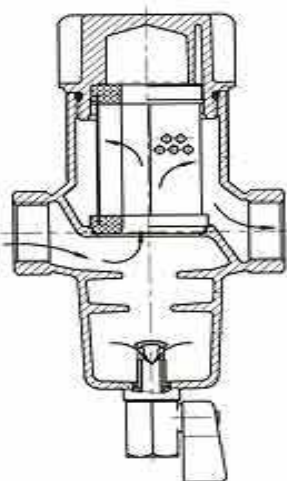


Рис. 4.1 - Фільтр механічний з фільтруючим елементом у вигляді сітки з величиною прозорів 95 мкм

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Показники надійності кількісно характеризують надійність об'єкта. Вид залежностей для обчислення параметрів надійності визначається конфігурацією й умовами експлуатації системи. Варто розрізняти за цією ознакою такі види об'єктів:

невідновлювані - це об'єкти, які в процесі експлуатації не підлягають ремонту;

відновлювані – це об'єкти, які при виконанні своїх функцій допускають ремонт.

В останньому випадку елементи, що відмовили, негайно замінюються справними (новими або відремонтованими). Кількісними характеристиками надійності є: параметр потоку відмов і напрацювання на відмову.

Параметром потоку відмов $\omega(t)$ називається відношення числа елементів, що відмовили, в одиницю часу до числа випробовуваних елементів за умови, що всі елементи, які вийшли з ладу, замінюються справними.

$$\omega(t) = \frac{n_{\Delta t}}{N\Delta t}, \quad (4.1)$$

де $n_{\Delta t}$ - число елементів, що відмовили, в інтервалі часу Δt ;

N - число випробовуваних елементів;

Δt – величина інтервалу часу.

Іноді $\omega(t)$ називають **середньою частотою відмов**.

По визначенню $\omega(t)$ близько за змістом величині $\lambda(t)$, однак теоретично доведено, що $\omega(t) = \lambda(t)$, тільки при $\lambda(t) = const$. У техніці найчастіше ці параметри не розділяються, що може призвести до помітних помилок, незважаючи на їхню близькість. Проте у практиці розрахунків надійності поняття «інтенсивність відмов» застосовується й для відновлюваних виробів замість параметра потоку відмов. Численні експериментальні дані показують, що функція $\lambda(t)$ має три характерних періоди (рис. 4.3.).

Перший період від 0 до T_n , є періодом коли відмовляють ті елементи, які мають серйозні дефекти. Інтенсивність відмов досить велика, але швидко зменшується. Час T_n називається періодом, що виявляє дефектність обладнання.

Другий період від T_n до T_u називають періодом нормальної роботи. Він характеризується відносно невеликою постійною величиною інтенсивності відмов. Час T_u – називають часом початку старіння й зношування.

Третій період при $t > T_u$ є періодом старіння і зношування елементів. Термін служби елементів повинен прийматися не більш ніж T_u . Тоді при невеликій величині періоду приробітки можна вважати λ величиною постійної, і звідси можна вважати $\varpi(t) = \lambda(t) = const$. Така залежність характерна для ремонтованих і неремontованих виробів у більшості технічних систем.

2. Напрацюванням на відмову t_{cd} називають середнє значення часу роботи елементів між сусідніми відмовами:

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}; \quad (4.2)$$

де t_{cp} – час справної роботи елемента між (i-1) і i-м відмовами;

n - число відмов за якийсь час t (період спостережень).

З визначення можна зробити висновок, що напрацювання на відмову є середнім часом між сусідніми відмовами і дорівнює величині, зворотній середній частоті відмов.

Інтенсивність відмов:

$$\lambda_1 = \frac{n_1}{t_1} \text{ 1/год} \quad (4.3)$$

де n_1 - кількість відмов;

t_1 - період випробування;

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

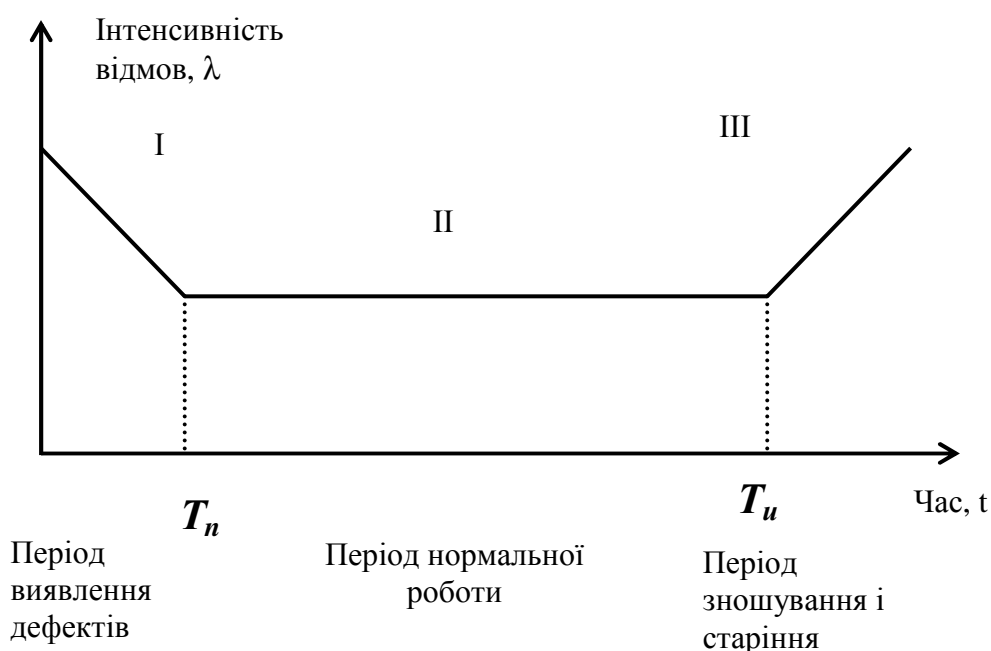
Відповідно до завдання необхідно визначити параметр потоку відмов елементів відповідно до формули (4.1). При визначенні, варто враховувати, що в експерименті беруть участь три елементи з різним терміном служби і «фізичним» станом. Величина інтервалу часу випробування варіюється залежно від якості води, але з урахуванням обмеженості часу проведення роботи, сітка з дефектами і вже експлуатована повинні вийти з ладу за 2 години. Таким чином вода повинна бути сильно забруднена зваженими домішками, шматками іржі.

Після того як відбулася відмова деяких елементів дослід припиняють, занотовуючи число елементів, що відмовили і величину інтервалу часу.

Далі визначають напрацювання на відмову за формулою (4.2.) Для визначення цієї величини знадобляться дані отримані для попереднього випадку, а саме кількість відмов, час напрацювання кожного із трьох досліджуваних елементів (сітки), які необхідно буде просумувати.

На міліметровому папері або за допомогою програми -EXEL необхідно зобразити характерну залежність інтенсивності зношування від часу експлуатації. Для цього потрібно мати дані про час роботи сітки механічного фільтра до участі в експерименті (цей параметр призначається викладачем й залежно від якості води і перебуває в межах 10-15 годин, з урахуванням того, що робота навчальна), час відмови сітки механічного фільтра з дефектом, час нормальної роботи нової сітки (до першої відмови) і вихід з ладу вже експлуатованої сітки. Назва й опис кожного з періодів було наведено в загальних вказівках до роботи, тому перед побудовою графіка студентам рекомендується уважно з ними ознайомитися. Для побудови знадобляться також значення інтенсивності відмови елементів, які можна знайти за допомогою формули (4.3).

Графік буде виглядати наступним чином:



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Найманова А.Я., Насонкина Н.Г. и др.- Основы надежности инженерных систем коммунального хозяйства- Донецк: ИЕП НАН Украины, 2001.-152 с.
2. Меженский А.Н., Насонкина Н.Г. и др.- Методическое руководство по обоснованию надежности и технологичности внешних сетей водоснабжения и канализации при комплексном проектировании, управлении проектами и инженерным мониторингом.- Луганск: ВЛУ, 2004. – 140 с.
3. Абрамов Н.Н. – Надежность систем водоснабжения М.: Стройиздат, 1984. -216 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Математичні методи розв’язування задач надійності водопровідно-каналізаційних систем» (для студентів 2 курсів денної і 3 курсів заочної форм навчання, напрямів підготовки 6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)», 0926 – «Водні ресурси» спеціальності 6.092600 – «Водопостачання і водовідведення»)

Укладачі: БЛАГОДАРНА Галина Іванівна,
СОЛОДОВНИК Марія Володимирівна,
БУЛГАКОВА Олеся Вікторівна.

Редактор М.З.Аляб'єв

План 2008, поз.331М

Підп. до друку 29.10.08	Формат 60х84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі.	Умовн-друк. арк. 1,2	
Тираж 100 прим	Зам. №	.

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ
61002, Харків, ХНАМГ вул. Революції,12